



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 100 38 995 A 1

51 Int. Cl.⁷:
F 02 M 45/12
F 02 M 57/02
F 02 M 47/06

21 Aktenzeichen: 100 38 995.3
22 Anmeldetag: 10. 8. 2000
43 Offenlegungstag: 19. 4. 2001

DE 100 38 995 A 1

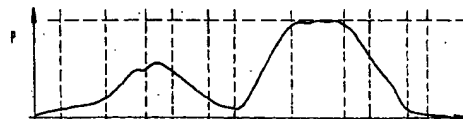
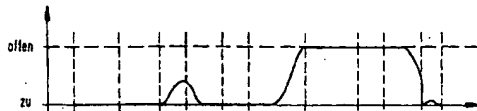
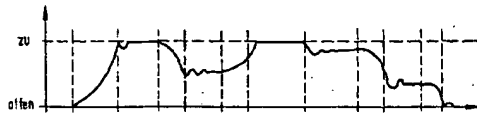
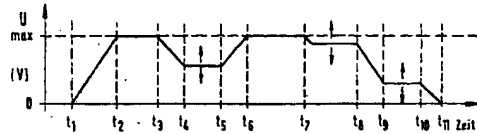
66 Innere Priorität:
199 50 036. 3 16. 10. 1999
71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Potschin, Roger, 74336 Brackenheim, DE;
Melsheimer, Anja, 73732 Esslingen, DE; See, Ole,
70374 Stuttgart, DE; Parche, Marcus, Dr.,
Venissieux, FR

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung der Kraftstoffzumessung in einer Brennkraftmaschine

57 Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung der Kraftstoffzumessung in eine Brennkraftmaschine beschrieben. Ein Ventil dient zur Steuerung des Kraftstoffflusses in die Brennkraftmaschine, wobei das Ventil mittels eines Stellelements so angesteuert wird, daß es in einer ersten Position den Kraftstofffluß unterbindet und daß es in einer zweiten Position den Kraftstofffluß völlig freigibt. In bestimmten Betriebszuständen wird das Stellelement derart angesteuert, daß das Ventil wenigstens eine Zwischenposition einnimmt.



DE 100 38 995 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung der Kraftstoffzumessung in eine Brennkraftmaschine.

Verfahren und Vorrichtungen zur Steuerung der Kraftstoffzumessung in eine Brennkraftmaschine sind bekannt. Häufig wird zur Steuerung der Kraftstoffzumessung ein Ventil eingesetzt, daß den Kraftstofffluß in die Brennkraftmaschine steuert. In einer ersten Position des Ventils unterbindet die dieses den Kraftstofffluß. In einer zweiten Position gibt das Ventil den Kraftstofffluß völlig frei.

Desweiteren sind Piezoaktoren bekannt, mit denen solche Ventile steuerbar sind.

Bei einer Pumpe-Düse-Einheit (PDE) bilden die Einspritzpumpe und die Einspritzdüse eine bauliche Einheit. Diese wird von der Motornockenwelle angetrieben. Zu jeder Pumpe-Düse-Einheit gehört ein schnell schaltendes Ventil, daß den Einspritzbeginn und das Einspritzende steuert. Bei geöffnetem Ventil fördert die PDE Kraftstoff zurück in den Zulauf.

Schließt das Ventil, so mißt die PDE dem entsprechenden Motorzylinder Kraftstoff zu. Der Schließzeitpunkt des Ventils bestimmt den Einspritzbeginn, die Schließdauer, d. h. die Dauer des geschlossenen Zustandes des Ventils, bestimmt die Einspritzmenge.

In ähnlicher Weise ist ein sogenanntes Pumpe-Leitungs-Düse-System (PLD) ausgebildet. Wie die PDE verfügt die Pumpe-Leitungs-Düse über eine Einspritzpumpe je Motorzylinder, die von einer Welle des Motors, beispielsweise der Nockenwelle, angetrieben wird. Mit einem Ventil wird der Einspritzzeitpunkt und die Einspritzmenge gesteuert. Dabei sind die Pumpe und die Düse über eine Leitung miteinander verbunden.

Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Steuerung der Kraftstoffzumessung in eine Brennkraftmaschine eine möglichst genaue Kraftstoffzumessung zu erzielen. Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Vorteile der Erfindung

Mit der erfindungsgemäßen Vorgehensweise kann eine sehr genaue Kraftstoffeinspritzung erzielt werden. Vorteilhafte und zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen die Fig. 1 und 2 zwei Ausgestaltungen einer Pumpe-Düse-Einheit und die Fig. 3, 4 und 5 verschiedene über der Zeit aufgetragene Signale.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

In Fig. 1 ist eine Pumpe-Düse-Einheit schematisch dargestellt. Im folgenden werden die wesentlichen Elemente beschrieben. Die Pumpe-Düse-Einheit 100 umfaßt im wesentlichen ein Stellelement 105, das über eine Verbindung 102,

die gestrichelt dargestellt ist, ein Ventil 110 derart beeinflußt, daß es wenigstens eine erste geschlossene und eine zweite geöffnete Position einnimmt. Das Ventil 110 ist zwischen einem Kraftstoffzulauf 115, der auch als Niederdruckbereich bezeichnet werden kann, und einer Leitung 120 angeordnet. Der Niederdruckbereich beinhaltet im wesentlichen einen Kraftstoffvorratsbehälter, der auch als Tank bezeichnet wird, von dem der Kraftstoff über ein Filter und eine Kraftstoffförderpumpe zu dem Ventil 110 gelangt.

Die Leitung 120 verbindet einen Elementraum 130, in dem ein Pumpenkolben 135 beweglich angeordnet ist, der von einer Antriebseinheit 140 bewegt wird, mit einer Einspritzdüse 150. Die Antriebseinheit 140 wird vorzugsweise unmittelbar oder über einen Kipphebel von der Nockenwelle der Brennkraftmaschine angetrieben. Die Einspritzdüse 150 beinhaltet im wesentlichen eine Düsenfeder 152 und eine Düsennadel 154. Das Stellelement 105 wird von einem Steuergerät 160 mit Ansteuersignalen beaufschlagt. Als Stellelemente werden üblicherweise Magnetsteller und besonders vorteilhaft Piezo-Aktoren eingesetzt.

Befindet sich das Ventil 110 in seinem geschlossenen Zustand, und bewegt sich der Pumpenkolben 135 derart, daß der Elementraum 130 verkleinert wird, so steigt der Druck in der Leitung 120 und damit in der Einspritzdüse an. Ab einem bestimmten Wert des Drucks wird die Düsennadel 154 entgegen der Federkraft der Düsenfeder 152 bewegt und gibt die Einspritzöffnung 156 frei, so daß Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine gelangt. Befindet sich das Ventil 110 in seiner geöffneten Position, so ist kein Druckaufbau möglich und es findet keine Kraftstoffeinspritzung statt.

Durch Öffnen und Schließen des Ventils 110 kann der Hochdruckbereich, der durch den Elementraum, die Leitung 120 und den mit Kraftstoff gefüllten Bereich der Einspritzdüse gebildet wird, mit dem Niederdruckbereich verbunden werden. Ab dem Zeitpunkt des Schließens des Ventils 110 beginnt der Druckaufbau im Hochdruckbereich und die Kraftstoffeinspritzung setzt ein. Beim Öffnen des Ventils 110 baut sich der Druck in der Leitung 120 ab und die Einspritzung endet. Dies bedeutet, der Öffnungs- und Schließzeitpunkt des Ventils 110 bestimmt den Einspritzbeginn, das Einspritzende und damit die Einspritzdauer.

Das Stellelement 105 wird von einem Steuergerät 160 abhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine, der mit verschiedenen Sensoren erfaßt wird, derart gesteuert, daß das Ventil zum gewünschten Zeitpunkt öffnet oder schließt und damit die Einspritzung zum gewünschten Zeitpunkt beginnt und zum gewünschten Zeitpunkt endet.

In Fig. 2 ist eine zweite Ausführungsform einer Pumpe-Düse-Einheit dargestellt. Diese unterscheidet sich im wesentlichen von der Ausführungsform der Fig. 1, daß das Ventil 110 den Elementraum 130 unmittelbar mit dem Kraftstoffzulauf 115 verbindet. Beiden Ausführungsformen gemeinsam ist es, daß das Ventil 110 den Hochdruckbereich mit dem Niederdruckbereich verbindet.

Üblicherweise wird das Ventil 110 derart angesteuert, daß es entweder seine geöffnete oder seine geschlossene Position einnimmt. Diese Art der Ansteuerung ist insbesondere bei Mehrfacheinspritzungen problematisch, da beim Öffnen des Ventils der Druck im Hochdruckbereich sehr schnell auf den Druck im Niederdruckbereich abgebaut wird. Dies führt beispielsweise dazu, daß die Düsennadel sehr schnell in ihre geschlossene Position übergeht. Bei einer erneuten Ansteuerung muß der Druck im Hochdruckbereich erneut aufgebaut werden. Dies ist insbesondere dann problematisch, wenn die Einspritzung in wenigstens zwei Teileinspritzungen aufgeteilt wird. Beispielsweise kann es vorgesehen sein, daß vor der Haupteinspritzung eine Voreinspritzung erfolgt. Um ei-

nen positiven Effekt auf das Verhalten der Brennkraftmaschine zu haben, müssen die beiden Teileinspritzungen, beispielsweise die Voreinspritzung und die Haupteinspritzung, in einem bestimmten Abstand aufeinanderfolgen. Aufgrund des völligen Druckabbaus beim Öffnen des Ventils können nicht alle Zeitabstände realisiert werden, da eine Mindestzeit für den Druckaufbau erforderlich ist.

Desweiteren ist es bei solchen Systemen nicht oder nur sehr schwer möglich, den Druck im Hochdruckraum zu beeinflussen. Eine solche Beeinflussung ist insbesondere in den Pausen zwischen zwei Einspritzungen schwierig.

Erfindungsgemäß ist daher vorgesehen, daß die Ansteuerung des Stellelements derart erfolgt, daß das Ventil neben seinen zwei Endpositionen geöffnet und geschlossen zusätzlich wenigstens eine Zwischenposition einnimmt. Besonders einfach zu realisieren ist dies, wenn als Stellelement ein Piezo-Aktor verwendet wird. Bei solchen Piezo-Aktor ist die Position bzw. die Ausdehnung des Piezo-Aktor unmittelbar proportional zu der am Piezo-Aktor anliegenden Spannung. Dadurch ist es möglich, daß das Stellelement verschiedene Positionen einnehmen kann. Dadurch wird es ermöglicht, daß auch das Ventil 110 in definierte Positionen gebracht wird.

In Fig. 3 sind verschiedene Signale über der Zeit t aufgetragen. In der ersten Teilfigur 3a ist die Spannung U , die am Piezo-Aktor 105 anliegt, aufgetragen. Die Teilfigur 3b zeigt den Zustand des Ventils 110 über der Zeit t . Die Teilfigur 3c zeigt den Zustand der Düsennadel 154 abhängig von der Zeit t . Die Teilfigur 3d zeigt den Verlauf des Druckes P an der Düsennadel bzw. im Hochdruckbereich.

Zum Zeitpunkt t_1 beginnt die Ansteuerung der Pumpe-Düse-Einheit. Dies bedeutet, vom Zeitpunkt t_1 bis zum Zeitpunkt 2 wird vom Steuergerät 160 ein solches Signal vorgegeben, daß das Ventil 110 schließt. Dies wird dadurch erreicht, daß die Spannung am Piezo-Aktor 105 von einem Minimalwert, der vorzugsweise Null ist auf einen zweiten Wert ansteigt. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt dieser Anstieg linear. Der Anstieg der Spannung am Piezo-Aktor 105 hat zur Folge, daß das Ventil 110 sich langsam von seiner offenen in seine geschlossene Position bewegt. Die Düsennadel zeigt noch keine Reaktion, sie bleibt in ihrer geschlossenen Position. Der Druck im Hochdruckbereich steigt langsam an.

Im Zeitraum zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_3 erfolgt die Ansteuerung des Piezo-Aktors 105 derart, daß das Ventil 110 in seiner geschlossenen Position bleibt, d. h. die Spannung U am Piezo-Aktor bleibt auf ihrem hohen Wert. Dies hat zur Folge, daß das Ventil 110 in seiner geschlossenen Position bleibt. Der Druck P im Hochdruckbereich steigt weiter an. Zum Zeitpunkt t_3 bzw. kurz vor dem Zeitpunkt t_3 erreicht der Druck P einen solchen Wert, daß die Düsennadel langsam von ihrem Ventilsitz abhebt und die Kraftstoffeinspritzung freigibt. Dies führt zu einem kurzzeitigen Abfall des Drucks.

Ab dem Zeitpunkt t_3 wird die Spannung bis zum Zeitpunkt t_4 auf einen Zwischenwert zurückgenommen, dies hat zur Folge, daß das Ventil 110 sich in Richtung einer ersten Zwischenposition bewegt. Demzufolge fällt der Druck P im Elementraum ab und die Düsennadel bewegt sich in ihre Schließrichtung.

Im Zeitraum zwischen den Zeitpunkten t_4 und t_5 wird das Ventil 110 in der ersten Zwischenposition gehalten. Dies wird dadurch erreicht, daß die Spannung U am Piezo-Aktor auf seinem Zwischenwert gehalten wird. Dies bewirkt, daß das Ventil 110 sich ebenfalls in seiner ersten Zwischenposition befindet. Der Druck P im Elementraum baut sich langsam ab und die Düsennadel erreicht ihre geschlossene Position und bleibt in ihrer geschlossenen Position.

Ist der Öffnungsquerschnitt des Ventils in dieser Phase zu groß, dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn das Ventil in diesem Zeitabschnitt völlig öffnet, so kommt es zu einer sogenannten Überentlastung und der Druck im Hochdruckbereich sinkt unter den Dampfdruck ab.

Die Spannung und damit die Position des Ventils und/oder die Zeitdauer zwischen den Zeitpunkten t_4 und t_5 wird so gewählt, daß keine Überentlastung eintritt. Dadurch wird erreicht, daß beim Beginn der nächsten Einspritzung definierte Verhältnisse vorliegen. Dadurch können Streuungen der Kraftstoffmenge bei gleicher Ansteuerdauer deutlich reduziert werden.

Zwischen dem Zeitpunkt t_5 und t_6 wird das Steuerventil 110 wieder geschlossen, d. h. die Spannung am Piezo-Aktor 105 steigt wieder auf seinen Maximalwert an. Dies hat zur Folge, daß das Ventil 110 in seinen geschlossenen Zustand übergeht. Der Druck P im Druckbereich beginnt wieder anzusteigen.

Im Zeitraum zwischen den Zeitpunkten t_6 bis t_7 wird das Ventil 110 in seiner geschlossenen Position gehalten. D. h. die Spannung am Piezo-Aktor bleibt auf ihrem maximalen Wert. Das Ventil 110 verbleibt in seiner geschlossenen Position. Infolgedessen steigt der Druck P im Hochdruckbereich stark an. Eine gewisse Zeit nach dem Zeitpunkt t_6 hat der Wert des Drucks einen solchen Wert erreicht, daß die Düsennadel 154 sich beginnt zu bewegen und kurz danach den völlig geöffneten Zustand erreicht.

Bei der besonders vorteilhaften Ausführungsform, die in Fig. 3 dargestellt ist, wird zwischen dem Zeitpunkt t_7 und t_8 die Spannung U am Piezo-Aktor nach Erreichen der geöffneten Position der Düsennadel um einen kleinen Wert zurückgefahren. Dies hat zur Folge, daß das Ventil 110 nicht völlig geöffnet ist. Dies bedeutet, daß Ventil 110 wird in einer zweiten Zwischenposition gehalten, die sich nur unwesentlich von der geschlossenen Position unterscheidet. Dies bedeutet, es kann eine geringe Menge an Flüssigkeit entweichen. Besonders vorteilhaft ist der Querschnitt derart gewählt, daß kein weiterer Anstieg des Druckes erfolgt. Dies bedeutet, daß der Druck während des Zeitraumes t_7 bis t_8 nahezu konstant bleibt, d. h. daß es sich ein Druckplateau ergibt.

Bei einer vereinfachten Ausführungsform kann in dem Zeitraum t_7 bis t_8 entsprechend wie im Zeitraum zwischen t_6 und t_7 der Maximalwert der Spannung vorgegeben werden, wobei das Ventil 110 in diesem Zeitraum in seiner geschlossenen Position verbleibt. Dadurch können höhere Druckwerte erreicht werden.

Im Zeitraum zwischen den Zeitpunkten t_8 und t_9 wird die Spannung auf einen dritten Zwischenwert abgesenkt. Dies bedeutet, daß das Ventil 110 in eine dritte Zwischenposition übergeht. Dies hat zur Folge, daß der Druck P abfällt und daß bei einem bestimmten Druck die Düsennadel in ihren geschlossenen Zustand übergeht. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Wert dieser Spannung abhängig vom Betriebszustand vorgebar ist. Dadurch kann erreicht werden, daß der Druckabbaurate, das heißt die Druckänderung innerhalb einer bestimmten Zeit, abhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine vorgebar ist.

Im Zeitraum zwischen den Zeitpunkten t_9 und t_{10} wird das Ventil 110 in der dritten Zwischenposition gehalten.

Ab dem Zeitpunkt t_{10} wird der Piezo-Aktor derart angesteuert, daß das Ventil 110 öffnet, d. h. die Spannung wird auf ihren Ausgangswert zurückgenommen. Dies hat zur Folge, daß das Ventil in seine völlig geöffnete Position übergeht. Der Druck P fällt auf den Druckwert im Niederdruckbereich ab, und die Düsennadel verbleibt in ihrer geschlossenen Position.

Die beschriebene Ansteuerung beinhaltet eine Hauptein-

spritzung als zweite Teileinspritzung und eine Voreinspritzung als erste Teileinspritzung. Dabei handelt es sich um eine abgesetzte Voreinspritzung ohne eine sogenannte Überentlastung während der Einspritzpause. Dies wird dadurch erreicht, daß das Ventil zwischen den zwei Teileinspritzungen derart angesteuert wird, daß es in einer ersten Zwischenposition verbleibt.

Als Alternative kann auch vorgesehen sein, daß eine angelagerte Voreinspritzung erfolgt, bei der die Voreinspritzung unmittelbar in die Haupteinspritzung übergeht.

Desweiteren ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß vorzugsweise während der Haupteinspritzung eine Begrenzung des Drucks im Hochdruckbereich erfolgt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn im Teillastbereich, d. h. bei kleinen Drehzahlen und/oder bei kleinen eingespritzten Kraftstoffmengen ein großer Einspritzdruck gewählt wird, d. h. daß während einer Einspritzung im Teillastbereich in dem Zeitraum t_7 bis t_8 das Ventil in seiner völlig geschlossenen Position verbleibt. Bei Großen Drehzahlen und/oder großen Einspritzmengen wird eine Begrenzung des Einspritzdrucks gewählt, d. h. daß in dem Zeitraum t_7 bis t_8 befindet sich das Ventil in der zweiten Zwischenposition. Hierdurch können mechanische Belastungen der Pumpe und des Antriebs vermindert werden.

Das Ventil wird während der Einspritzung derart angesteuert, daß es in einer zweiten Zwischenposition verbleibt. Vorzugsweise wird die Zwischenposition bzw. die erforderliche Spannung am Piezo-Aktor abhängig vom Lastzustand, insbesondere abhängig von der Drehzahl und/oder einer die einzuspritzende Kraftstoffmenge charakterisierenden Größe, vorgegeben. Dies hat eine verbesserte Gemischaufbereitung und damit verringerte Emissionen zur Folge.

Die Druckabbaurrate ist durch Vorgabe der ersten bzw. der dritten Zwischenposition des Ventils einstellbar. Diese Einstellung erfolgt vorzugsweise abhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine. Dies kann sowohl beim Ende der Voreinspritzung als auch am Ende der Haupteinspritzung erfolgen.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn bei Vollast, d. h. bei großer Drehzahl und/oder großer eingespritzter Kraftstoffmenge ein schneller Druckabbau erfolgt, d. h. daß die Spannung auf einen kleinen Wert oder auf den Minimalwert abgesenkt wird, dadurch geht das Ventil schnell in seine geöffnete Position über. Bei Teillast wird dagegen eine kleinere Druckabbaurrate vorgegeben, d. h. bei Teillast wird im Zeitraum t_8 bis t_{10} eine höhere Spannung eingestellt, d. h. das Ventil verbleibt eher in seiner geschlossenen Position.

Dies bedeutet, daß das Ventil 110 am Ende der Einspritzung derart angesteuert wird, daß es in einer dritten Zwischenposition verbleibt. Vorzugsweise wird die Zwischenposition, bzw. die Spannung mit der der Piezo-Aktor beaufschlagt wird, abhängig von einer gewünschten Druckabbaurrate eingestellt.

Dadurch, daß während des Öffnens des Ventils der Druckabbau steuerbar ist, können die Geräusche, die vorzugsweise durch die Pumpe erzeugt werden, deutlich reduziert werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn noch weitere Teileinspritzungen erfolgen, d. h. daß mehrere Voreinspritzungen vorgesehen sind, bzw. daß die Haupteinspritzung in mehrere Teileinspritzungen aufgeteilt wird. Besonders vorteilhaft ist es auch, wenn noch wenigstens eine Nacheinspritzung erfolgt, die im Anschluß an die Haupteinspritzung erfolgt.

Die Zeitabstände t_4 bis t_5 bzw. t_7 bis t_8 und t_9 bis t_{10} werden vorzugsweise abhängig von der Drehzahl, dem Beginn der Einspritzung und/oder anderen Betriebskenngrößen vorgegeben.

Weitere Varianten des Ansteuerprofils für den Piezo-Ak-

tor sind in Fig. 4 dargestellt.

In Fig. 4a ist eine herkömmliche Ansteuerung ohne Zwischenposition dargestellt, d. h. die Spannung wird für die Voreinspritzung auf ihren Maximalwert hochgefahren und dann auf den Minimalwert abgesenkt. Für die Haupteinspritzung wird die Spannung wieder auf den Maximalwert erhöht und am Ende der Haupteinspritzung auf den Minimalwert abgesenkt.

In Teilfigur 4b ist der Verlauf einer angelagerten Voreinspritzung dargestellt. D. h. zu Beginn der Voreinspritzung wird die Spannung auf einen Zwischenwert angehoben und anschließend mit Beginn der Haupteinspritzung mit dem Maximalwert geführt. Der Zwischenwert liegt nur knapp unter dem Maximalwert. Am Ende der Einspritzung wird die Spannung auf den Minimalwert zurückgesetzt.

In Teilfigur 4c ist eine entsprechende Ansteuerung mit einer Nacheinspritzung dargestellt. Diese unterscheidet sich im wesentlichen von der Ansteuerung gemäß der Fig. 3 darin, daß bei der Haupteinspritzung keine Absenkung im Zeitraum zwischen den Zeitpunkten 7 und 8 erfolgt, sondern daß lediglich eine flexible Druckabbaurrate eingestellt wird. In kurzem Abstand nach der Haupteinspritzung erfolgt dann eine weitere Ansteuerung zur Erzielung der Nacheinspritzung.

Die erfindungsgemäße Vorgehensweise ist nicht auf die Verwendung bei Pumpe-Düse-Einheiten beschränkt. Sie kann auch bei anderen Einspritzsystemen, bei denen ein Ventil zur Steuerung des Drucks im Hochdruckbereich verwendet wird, eingesetzt werden. Insbesondere ist die erfindungsgemäße Vorgehensweise zur Steuerung eines Pumpe-Leitungs-Düsesystems geeignet.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform ist in Fig. 5 dargestellt. Dort ist eine sogenannte Boot-Einspritzung dargestellt. Bei einer Boot-Einspritzung ist der Einspritzdruck während der Einspritzung annähernd konstant. Vorzugsweise wird eine angelagerte Voreinspritzung, die unmittelbar in die Haupteinspritzung übergeht, wobei der der Einspritzdruck während der angelagerten Voreinspritzung konstant ist, als Boot-Einspritzung bezeichnet.

In der ersten Teilfigur 5a ist die Spannung U , die am Piezo-Aktor 105 anliegt, aufgetragen. Die Teilfigur 5b zeigt den Zustand des Ventils 110 über der Zeit t . Die Teilfigur 5c zeigt den Zustand der Düsennadel 154 abhängig von der Zeit t . Die Teilfigur 5d zeigt den Verlauf des Druckes P in der Düsennadel bzw. im Hochdruckbereich.

Zum Zeitpunkt t_1 beginnt die Ansteuerung der Pumpe-Düse-Einheit. Dies bedeutet, vom Zeitpunkt t_1 bis zum Zeitpunkt 2 wird vom Steuergerät 160 ein solches Signal vorgegeben, daß das Ventil 110 schließt. Dies wird dadurch erreicht, daß die Spannung am Piezo-Aktor 105 von einem Minimalwert, der vorzugsweise Null ist auf einen zweiten Wert ansteigt. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt dieser Anstieg linear. Der Anstieg der Spannung am Piezo-Aktor 105 hat zur Folge, daß das Ventil 110 sich langsam von seiner offenen in seine geschlossene Position bewegt. Die Düsennadel zeigt noch keine Reaktion, sie bleibt in ihrer geschlossenen Position. Der Druck im Hochdruckbereich steigt an.

Im Zeitraum zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_3 erfolgt die Ansteuerung des Piezo-Aktors 105 derart, daß das Ventil 110 für eine vorgebbare Zeitdauer in seiner geschlossenen Position bleibt, d. h. die Spannung U am Piezo-Aktor bleibt auf ihrem hohen Wert. Dies hat zur Folge, daß das Ventil 110 in seiner geschlossenen Position bleibt. Der Druck P im Hochdruckbereich steigt weiter an. Zum Zeitpunkt t_3 bzw. kurz vor dem Zeitpunkt t_3 erreicht der Druck P einen solchen Wert, daß die Düsennadel 154 in ihre geöffnete Position übergeht und die Kraftstoffeinspritzung freigibt.

Ab dem Zeitpunkt t_3 wird die Spannung bis zum Zeitpunkt t_4 auf einen Zwischenwert zurückgenommen, dies hat zur Folge, daß das Ventil **110** sich in Richtung der ersten Zwischenposition bewegt. Dies hat zur Folge, daß eine kleine Kraftstoffmenge über das Ventil **110** abfließt.

Im Zeitraum zwischen den Zeitpunkten t_4 und t_5 wird das Ventil **110** in der Zwischenposition gehalten. Dies wird dadurch erreicht, daß die Spannung U am Piezo-Aktor auf seinem Zwischenwert gehalten wird.

Die durch das Ventil **110** abfließende Kraftstoffmenge hängt von mehreren Parametern ab. Dies sind unter anderem die Drehzahl N der Brennkraftmaschine, die Kraftstoffmenge QH , die über die Düsenöffnung **156** abfließt, die Nockenform $C1000$, die von der Winkellage der Einspritzung abhängt, und der Querschnitt A , den das Ventil in seiner Zwischenposition freigibt. Bei dem Querschnitt A und der Kraftstoffmenge QH handelt es sich um nahezu konstante Größen. Wogegen die Drehzahl starken Änderungen unterworfen ist.

Durch Auslegung des Systems kann bei einer Drehzahl erreicht werden, dass eine solche Kraftstoffmenge abfließt, dass der Druck konstant bleibt. Dies hat zur Folge, dass ab der Öffnung der Düsennadel **154** mit kleinem, nahezu konstantem Druck Kraftstoff zugemessen wird. Eine solche angelagerte Einspritzung wird auch als Boot-Einspritzung und die Zeitdauer in der das Ventil seine Zwischenposition einnimmt als Boot-Phase bezeichnet. Im wesentlichen entspricht die Zeit zwischen den Zeitpunkten t_3 und t_4 der Boot-Phase.

Problematisch ist, dass der Druck bei einer bestimmten Auslegung nur in einem Betriebszustand konstant bleibt. Bei größeren Drehzahlen steigt der Druck in der Bootphase an. Bei kleineren Drehzahlen fällt der Druck ab. Wird die Zeitdauer zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_3 , in denen das Ventil **110** geschlossen ist zu kurz gewählt, so kann der Fall eintreten, dass der Druck während der Boot-Phase soweit abfällt, dass die Düsennadel **154** wieder schließt und die Einspritzung unterbrochen wird. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Drehzahl kleine Werte annimmt und/oder bei einer ungünstigen Auslegung des Systems, insbesondere bei einer ungünstigen Dimensionierung des Querschnitts A .

Erfindungsgemäß ist deshalb vorgesehen, dass die Zeitdauer, in der das Ventil geschlossen ist betriebspunktabhängig vorgeben wird. Dies erfolgt vorzugsweise derart, dass der Druck in dieser Phase soweit ansteigt, dass er in der Boot-Phase nicht soweit abfällt, dass die Düsennadel schließt.

Ferner ist es möglich durch die Vorgabe der Schließdauer des Ventils **110**, das heißt dem Abstand zwischen t_2 und t_3 , den Druck P und damit die Einspritzmenge und/oder die Einspritzrate in der Bootphase auf vorgebbare Werte einzustellen. Vorzugsweise wird deshalb die Zeitdauer zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_3 , in der das Ventil **110** vor der Boot-Phase geschlossen ist, abhängig von wenigstens der Drehzahl der Brennkraftmaschine vorgegeben. Ferner kann diese Zeitdauer abhängig von einer Größe, die den Einspritzbeginn charakterisiert vorgegeben werden. Dadurch kann der Einfluss der Nockenform $C1000$ berücksichtigt werden.

Zwischen dem Zeitpunkt t_5 und t_6 wird das Steuerventil **110** wieder geschlossen, d. h. die Spannung am Piezo-Aktor **105** steigt wieder auf seinen Maximalwert an. Dies hat zur Folge, daß das Ventil **110** in seinen geschlossenen Zustand übergeht. Der Druck P im Hochdruckbereich beginnt wieder anzusteigen.

Im Zeitraum zwischen den Zeitpunkten t_6 bis t_7 wird das Ventil **110** in seiner geschlossenen Position gehalten. D. h. die Spannung am Piezo-Aktor bleibt auf ihrem maximalen

Wert. Das Ventil **110** verbleibt in seiner geschlossenen Position. Infolgedessen steigt der Druck P im Hochdruckbereich stark an.

Bei der besonders vorteilhaften Ausführungsform wird zwischen dem Zeitpunkt t_7 und t_8 die Spannung U am Piezo-Aktor nach Erreichen der geöffneten Position der Düsennadel um einen kleinen Wert zurückgefahren. Dies hat zur Folge, daß das Ventil **110** nicht völlig geöffnet ist. Dies bedeutet, daß Ventil **110** wird in der zweiten Zwischenposition gehalten, die sich nur unwesentlich von der geschlossenen Position unterscheidet. Dies bedeutet, es kann eine geringe Menge an Flüssigkeit entweichen. Besonders vorteilhaft ist der Querschnitt derart gewählt, daß kein weiterer Anstieg des Druckes erfolgt. Dies bedeutet, daß der Druck während des Zeitraumes t_7 bis t_8 nahezu konstant bleibt, d. h. daß es sich ein Druckplateau ergibt. Auch dieser Abschnitt kann als Boot-Einspritzung bezeichnet werden.

Bei einer vereinfachten Ausführungsform kann in dem Zeitraum t_7 bis t_8 entsprechend wie im Zeitraum zwischen t_6 und t_7 der Maximalwert der Spannung vorgegeben werden, wobei das Ventil **110** in diesem Zeitraum in seiner geschlossenen Position verbleibt. Dadurch können höhere Druckwerte erreicht werden.

Im Zeitraum zwischen den Zeitpunkten t_8 und t_9 kann die Spannung auf einen dritten Zwischenwert abgesenkt werden. Dies bedeutet, daß das Ventil **110** in eine dritte Zwischenposition übergeht. Dies hat zur Folge, daß der Druck P abfällt und daß bei einem bestimmten Druck die Düsennadel in ihren geschlossenen Zustand übergeht. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Wert dieser Spannung abhängig vom Betriebszustand vorgebar ist. Dadurch kann erreicht werden, daß der Druckabbaurate, das heißt die Druckänderung innerhalb einer bestimmten Zeit, abhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine vorgebar ist.

Im Zeitraum zwischen den Zeitpunkten t_9 und t_{10} wird das Ventil **110** in der dritten Zwischenposition gehalten.

Ab dem Zeitpunkt t_{10} wird der Piezo-Aktor derart angesteuert, daß das Ventil **110** öffnet, d. h. die Spannung wird auf ihren Ausgangswert zurückgenommen. Dies hat zur Folge, daß das Ventil in seine völlig geöffnete Position übergeht. Der Druck P fällt auf den Druckwert im Niederdruckbereich ab, und die Düsennadel verbleibt in ihrer geschlossenen Position.

Erfindungsgemäß wird das Stellelement derart angesteuert, daß der Kraftstoffdruck während wenigstens einer Phase der Einspritzung konstant bleibt. Vorzugsweise liegt eine der Phase am Beginn der Einspritzung nachdem ein bestimmter Druck erreicht ist. Eine zweite Phase liegt am Ende der Einspritzung, damit der Druck auf einen konstanten Wert begrenzt wird. Dies bedeutet, daß der Kraftstoffdruck wenigstens zu Beginn der Einspritzung in dem Zeitabschnitt zwischen den Zeitpunkten t_4 und t_5 und/oder am Ende der Einspritzung zwischen den Zeitpunkten t_7 und t_8 konstant bleibt.

Dadurch ist es möglich, dass das Einspritzsystem auf größere Druckanstiege und/oder größere Drücke ausgelegt wird. Vorteilhaft ist hierbei, dass in bestimmten Betriebszuständen, bei denen der Druck langsam ansteigt, beispielsweise bei kleinen Drehzahlen, können schnellere Druckanstiege und/oder höhere Drücke als bei üblicher Auslegung des Systems erreicht werden. In anderen Betriebszuständen, bei denen der Druck schnell und/oder auf hohe Werte ansteigt, beispielsweise bei hohen Drehzahlen, können die Druckwerte mittels der sogenannten Boot-Einspritzung am Ende der Zumessung auf vorgebbare Werte begrenzt werden.

Durch die Boot-Einspritzung am Ende der Einspritzung kann der Anstieg des Drucks am Ende der Einspritzung, der

bei nockengetriebenen Systemen, wie beispielsweise bei Pumpe-Düse-Systemen, auf Grund der Nockenform unvermeidlich ist, reduziert werden.

Besonders vorteilhaft ist es, daß das Stellelement derart angesteuert wird, daß das Ventil in einer Phase zu Beginn der Einspritzung für eine vorgebbare Zeit geschlossen bleibt. Dadurch kann ein schneller Druckanstieg erreicht werden. Diese Phase wird vorzugsweise durch die Zeitpunkte t_2 und t_3 definiert. Von Vorteil ist es, wenn anschließend an diese Phase, das Stellelement derart angesteuert wird, daß der Kraftstoffdruck konstant bleibt.

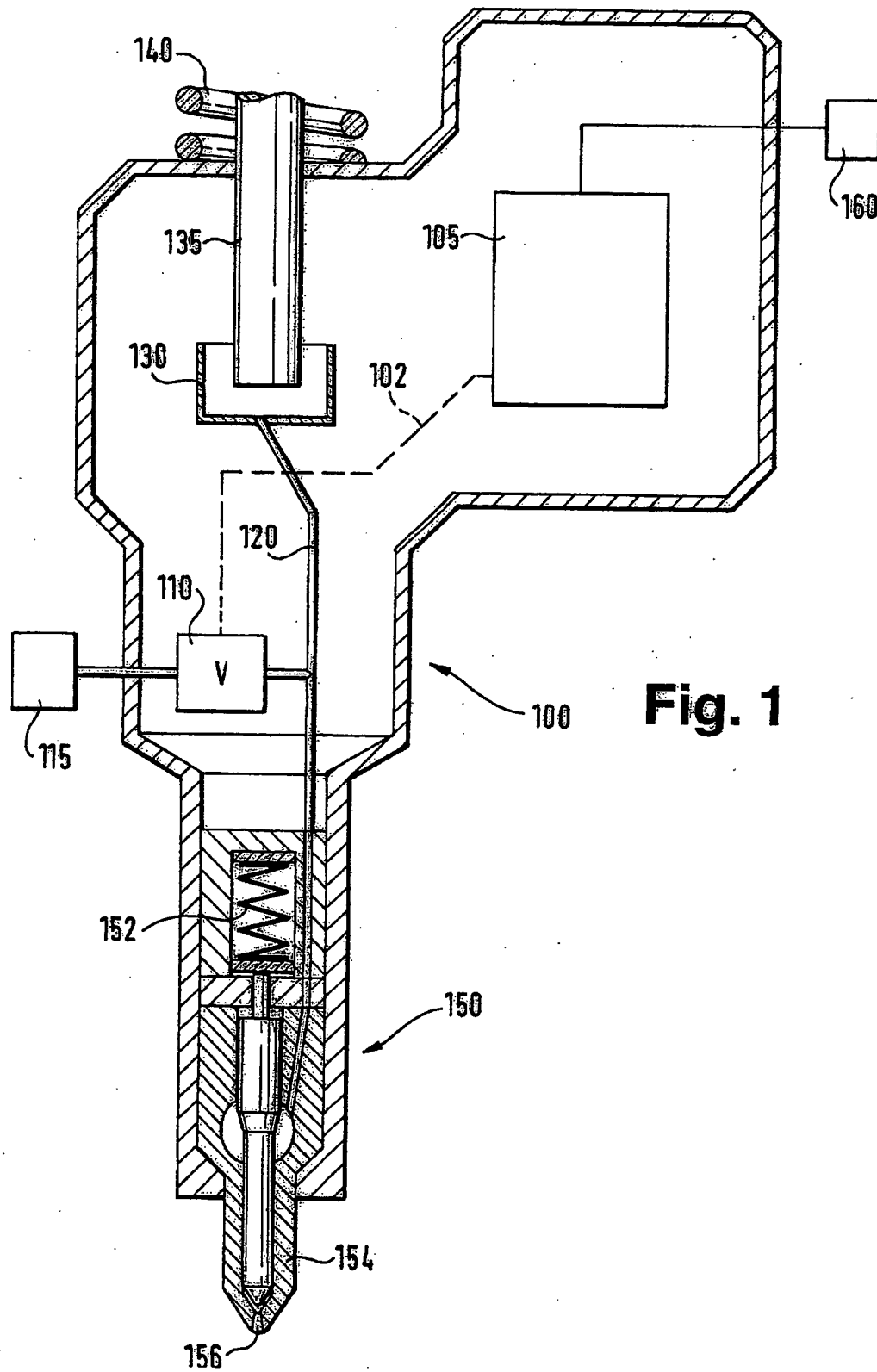
Position den Kraftstofffluß völlig freigibt, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, die in bestimmten Betriebszuständen das Stellelement derart ansteuern, daß das Ventil wenigstens eine Zwischenposition einnimmt.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Kraftstoffzumessung in eine Brennkraftmaschine, mit einem Ventil zur Steuerung des Kraftstoffflusses in die Brennkraftmaschine, wobei das Ventil mittels eines Stellelements so angesteuert wird, daß es in einer ersten Position den Kraftstofffluß unterbindet und daß es in einer zweiten Position den Kraftstofffluß völlig freigibt, **dadurch gekennzeichnet**, daß in bestimmten Betriebszuständen das Stellelement derart angesteuert wird, daß das Ventil wenigstens eine Zwischenposition einnimmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil zwischen zwei Teileinspritzungen derart angesteuert wird, daß es in einer ersten Zwischenposition verbleibt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil während einer Einspritzung derart angesteuert wird, daß es in einer zweiten Zwischenposition verbleibt.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil am Ende einer Einspritzung derart angesteuert wird, daß es in einer dritten Zwischenposition verbleibt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenposition abhängig von einer gewünschten Druckabbaurate eingestellt wird.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenposition abhängig von wenigstens einer den Betriebszustand der Brennkraftmaschine charakterisierenden Größe eingestellt wird.
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement als Piezo-Aktor ausgebildet ist.
8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement derart angesteuert wird, daß der Kraftstoffdruck während wenigstens einer Phase der Einspritzung konstant bleibt.
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement derart angesteuert wird, daß das Ventil in einer Phase zu Beginn der Einspritzung für eine vorgebbare Zeit geschlossen bleibt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement derart angesteuert wird, daß anschließend an die Phase, in der das Ventil geschlossen bleibt, das Stellelement derart angesteuert wird, daß der Kraftstoffdruck konstant bleibt.
11. Vorrichtung zur Steuerung der Kraftstoffzumessung in eine Brennkraftmaschine, mit einem Ventil zur Steuerung des Kraftstoffflusses in die Brennkraftmaschine, wobei das Ventil mittels eines Stellelements so angesteuert wird, daß es in einer ersten Position den Kraftstofffluß unterbindet und daß es in einer zweiten

- Leerseite -



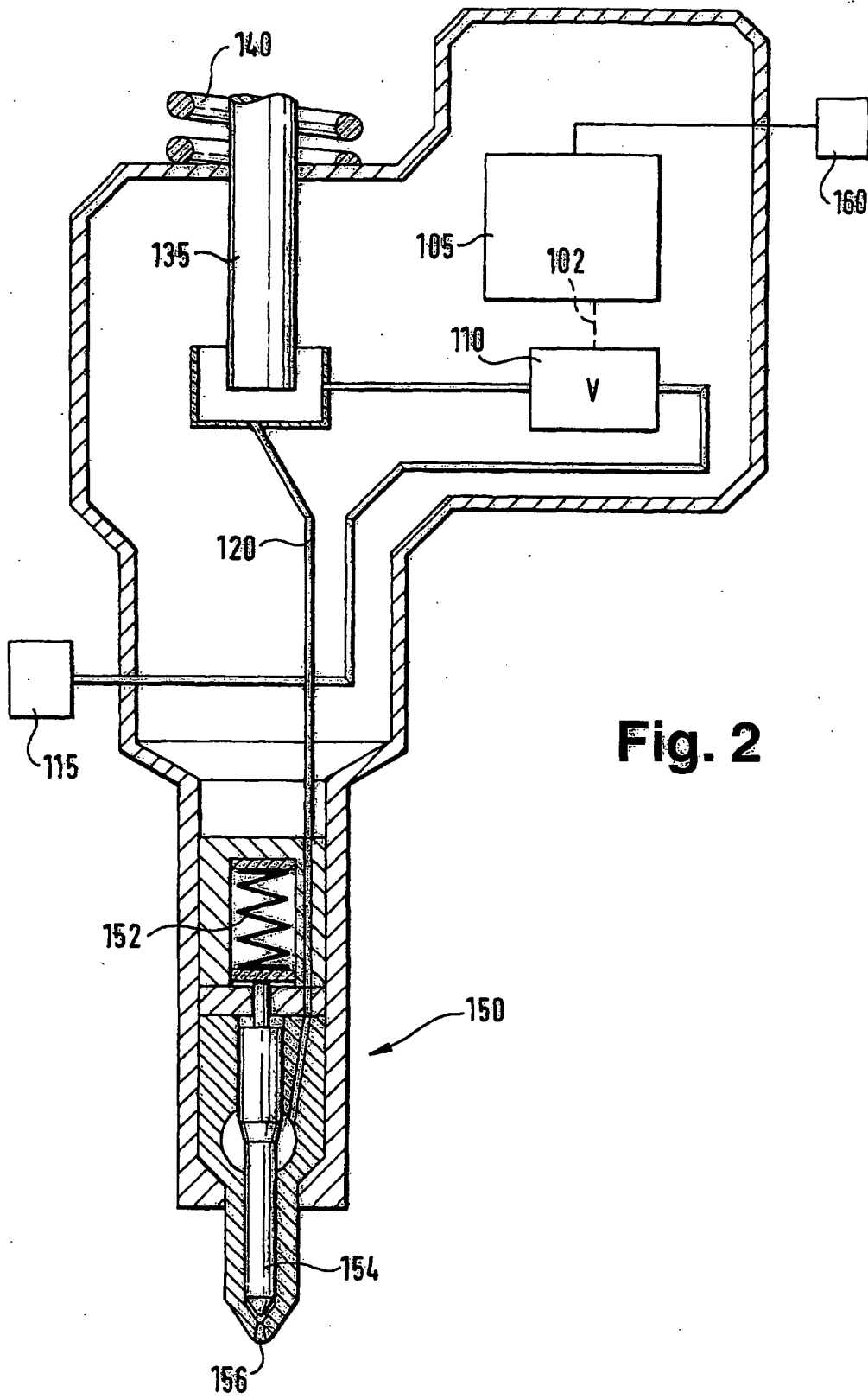


Fig. 2

Fig. 3a

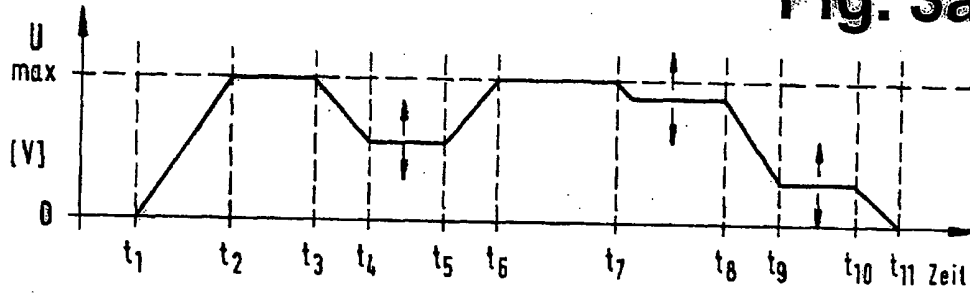


Fig. 3b

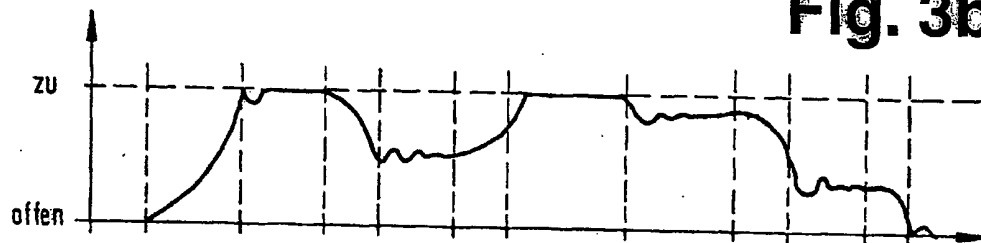


Fig. 3c

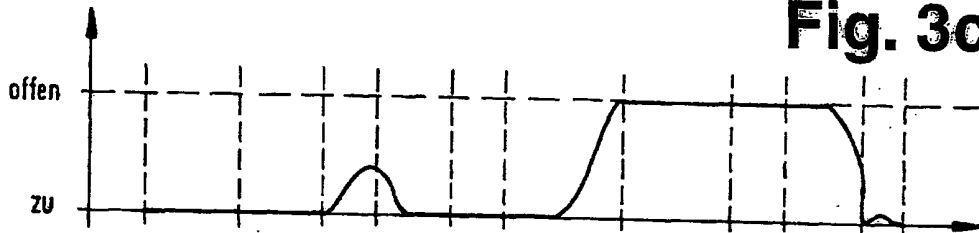
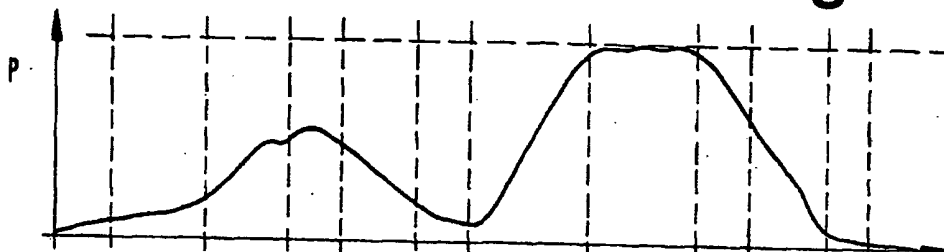


Fig. 3d



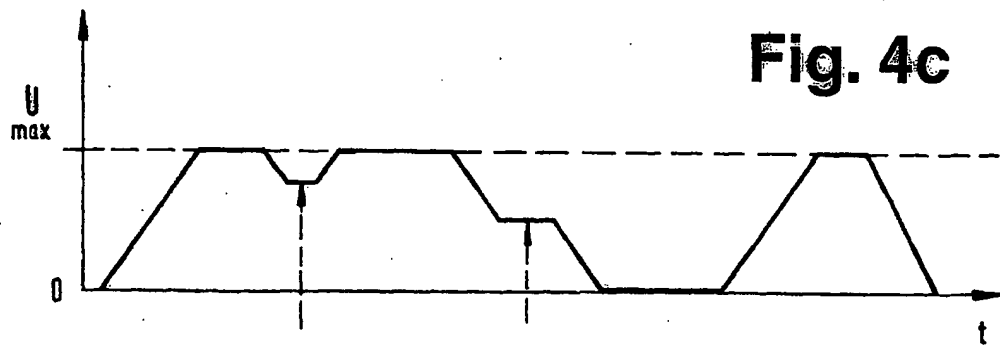
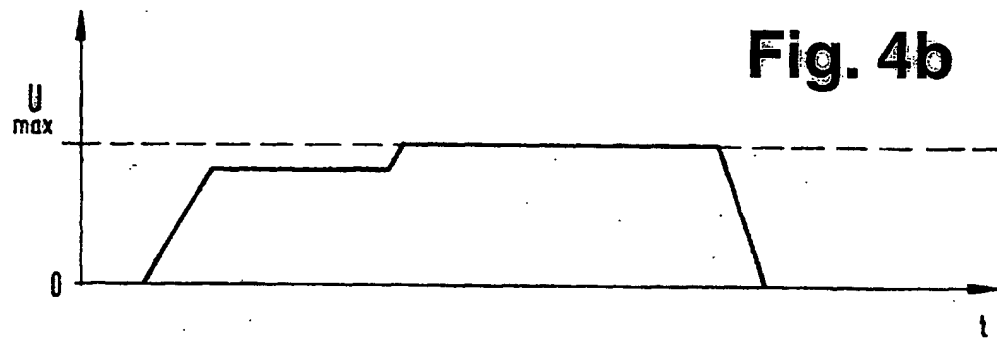
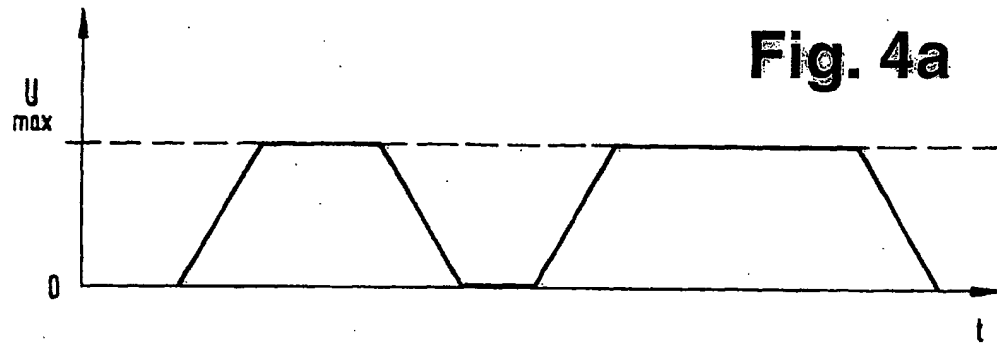


Fig. 5a

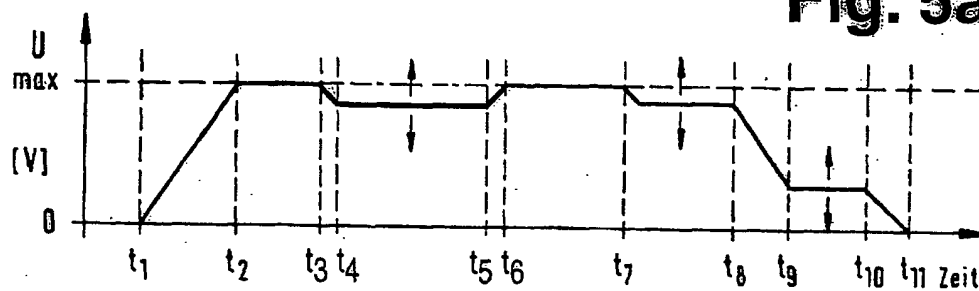


Fig. 5b

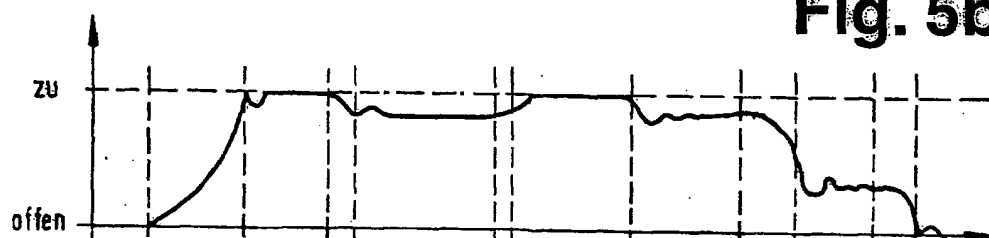


Fig. 5c

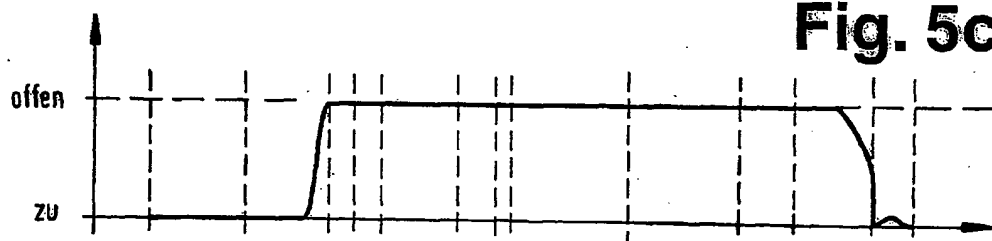


Fig. 5d

